

ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА БИОТОПЛИВ, ПОЛУЧЕННЫХ БИОКОНВЕРСИЕЙ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

С.И. Дворецкий, С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, И.А. Рязанцева, В.П. Таров

*ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов;
ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический
институт по использованию техники и нефтепродуктов», г. Тамбов*

Ключевые слова и фразы: биотопливо; ИК-спектр; испаряемость; растительное сырье; фракционный состав.

Аннотация: Методами перегонки, ИК-спектроскопии и газовой хроматографии исследован фракционный состав биотоплив, полученных из растительных масел.

Показано, что биотопливо обладает более тяжелым фракционным составом, чем нефтяное дизельное топливо, что приводит к увеличению его температуры вспышки и, как следствие, к снижению пожароопасности при хранении и транспортировке по сравнению с нефтяным дизельным топливом.

Установлено, что в процессе перегонки происходит термическое разложение компонентов биотоплива с образованием карбоновых кислот и непредельных соединений меньшей молекулярной массы, что может привести к повышению коррозионной агрессивности биотоплив.

Введение

В последние годы все более широкое применение находят топлива, получаемые из воспроизводимых источников сырья. Одним из наиболее перспективных топлив для дизельных двигателей является биотопливо, полученное из возобновляемого сырья – растительных масел.

Использование биотоплива позволяет уменьшить вредное воздействие мобильной энергетики на окружающую среду, расширить сырьевую энергетическую базу.

Одной из важнейших характеристик топлив, предназначенных для двигателей внутреннего сгорания, является испаряемость.

Испаряемость характеризует способность топлива переходить из жидкого состояния в парообразное. Испаряемость имеет важное значение при подборе топлива и во многом определяет технико-экономические и эксплуатационные характеристики двигателей.

Дизельное топливо представляет собой смесь углеводородов различного строения, которая не имеет фиксированной температуры кипения, а испаряется в широком интервале температур. Характеристикой испаряемости топлива служит фракционный состав.

Фракционный состав дизельных топлив нормируется температурами выкипания 50 и 96 % фракций. По ним можно судить о пусковых свойствах топлива, возможности образования паровых пробок в системе питания, экономичности и надежности работы двигателя.

Чем ниже температура выкипания (50 % фракции), тем однороднее состав топлива и, следовательно, легче пуск двигателя. Однако, при применении очень легких топлив повышается жесткость работы двигателя, при низких температурах затрудняется пуск двигателя из-за большой затраты тепла на испарение легких фракций.

Высокая температура выкипания (96 % топлива) свидетельствует о наличии тяжелых фракций, которые ухудшают смесеобразование, увеличивают нагарообразование на деталях цилиндропоршневой группы и тем самым снижают экономичность и надежность работы двигателя.

Использование топлив с точкой начала кипения на 30 % выше установленной ГОСТом снижает ресурс дизельного двигателя на 58 %.

Фракционный состав определяет и температуру вспышки топлива, при которой его пары образуют с воздухом горючую смесь, вспыхивающую при поднесении огня.

Современные дизельные топлива имеют довольно низкую температуру вспышки – 35–40 °С, что свидетельствует об их высокой пожароопасности при хранении и транспортировке. Непосредственно на работу двигателя температура вспышки не влияет.

Биотопливо также представляет собой смесь органических соединений, поэтому выкипает в довольно широком интервале температур. Компонентами биотоплива являются не углеводороды, а метиловые эфиры высших непредельных алифатических кислот, имеющих отличающееся строение, различную молекулярную массу, а значит, и температуру кипения.

Средняя молекулярная масса компонентов биотоплива (и их температура кипения) выше, чем у нефтяного дизельного топлива, что приводит к довольно высоким температурам вспышки (145–170 °С) и, как следствие, к снижению пожароопасности при хранении и транспортировке.

Различия в строении и молекулярной массе компонентов нефтяного и биотоплив определяют и различие их фракционных составов.

Методика экспериментального исследования фракционного состава биотоплива

Фракционный состав топлив определяется методом перегонки (разгонки). Перегонка – это процесс разделения смеси жидкостей на компоненты, основанный на разнице температур их кипения. Этот метод заключается в нагревании жидкости до кипения с последующей конденсацией паров в холодильнике.

В чистую сухую колбу Вюрца помещают 100 мл испытуемого топлива. Затем в шейку колбы вставляют, на хорошо пригнанной пробке, термометр с градуировкой от 0 до 360 °С. При этом ось термометра должна совпадать с осью шейки колбы, а верх ртутного шарика находиться на уровне отводной трубки в месте ее припая. Трубку холодильника соединяют с отводной трубкой колбы при помощи пробки. Отводная трубка колбы должна входить в трубку холодильника на 25–40 мм и не касаться ее стенок.

Ванну холодильника заполняют смесью льда и воды или охлаждение проводят проточной водой, подавая ее через нижний патрубок и отводя через верхний. Температура отходящей воды не должна превышать 30 °С.

После сборки прибора колбу равномерно нагревают электронагревателем с плавным регулированием мощности. Топливо испаряется, пары конденсируются в холодильнике, и конденсат поступает в мерный цилиндр. Скорость нагревания регулируют так, чтобы от начала обогрева до падения первой капли дистиллята в приемник прошло не менее 5 и не более 15 мин.

Температуру, при которой в мерный цилиндр падает первая капля, отмечают как температуру начала кипения. Дальнейшая интенсивность нагрева должна обеспечивать равномерную скорость перегонки с отбором 4–5 мл дистиллята в 1 мин, что примерно соответствует 20–25 каплям в 10 с. После отгонки 90 % топлива нагрев регулируют так, чтобы до конца разгонки, т.е. до выключения нагрева, прошло от 3 до 5 мин.

Отмечают температуры, при которых уровень жидкости в приемном цилиндре соответствует каждым 10 % дистиллята.

Остаток в колбе сливают в цилиндр объемом 10 мл и определяют количество остатка (%); по разности исходного объема (100 мл) и суммы объемов перегнанного топлива и остатка находят количество потерь (%). Обогрев выключают в тот момент, когда в мерном цилиндре объем станет равным 96 %.

На рис. 1 приведены кривые разгонки биотоплив, полученных биоконверсией различных растительных масел.

Интервал температур кипения биотоплива не полностью совпадает с фракционным составом дизельного топлива, он близок к температурам кипения тяжелых фракций нефтяного топлива. Кроме того, характер кривой разгонки для нефтяного и дизельного топлива несколько различается.

Как видно из рисунка, температура кипения дизельного топлива в процессе перегонки непрерывно увеличивается со 140 до 350 °С. Температура начала кипения биотоплив, полученных из различных растительных масел, колеблется от 220 до 285 °С (исключение составляет масло редьки, для которого эта величина составляет 160 °С), затем кривая разгонки

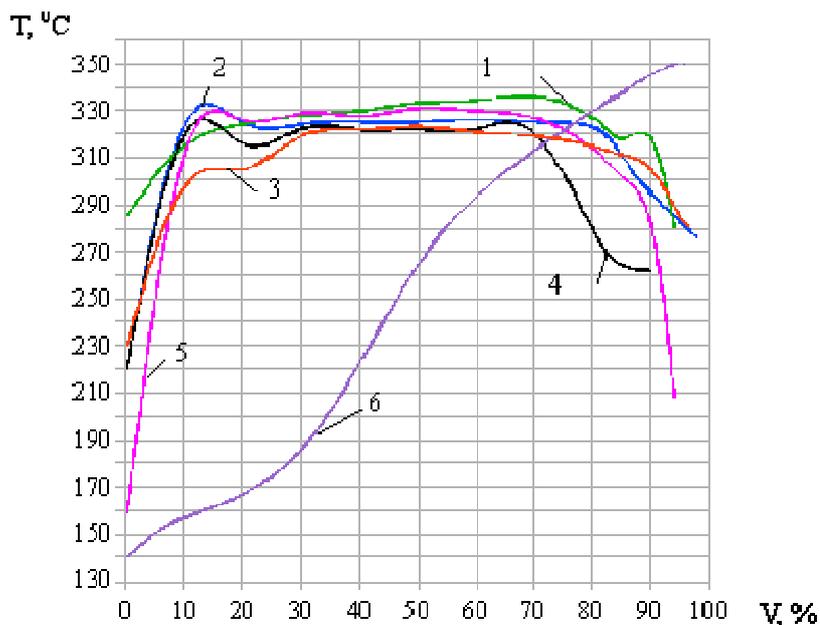


Рис. 1. Фракционный состав нефтяного дизельного топлива (6) и биотоплив, полученных из рапсового (1), кукурузного (2), подсолнечного (3), льняного (4) масел и масла редьки (5)

проходит через максимум, соответствующий перегонке 70–85 % (об.) биотоплива, после чего следует заметное снижение температуры.

Температура выкипания 50 % фракций для дизельного топлива нормируется ГОСТ 305-82 «не выше 280 °С» и в данном случае составляет 265 °С. Для всех биотоплив эта температура намного выше и находится в интервале 320–335 °С. Это приводит к затруднению пуска дизельного двигателя, работающего только на биотопливе.

Тяжелый фракционный состав биотоплива (наличие преимущественно высококипящих фракций) может приводить к увеличению нагаро- и лакообразования на деталях двигателя. Это явление отмечается всеми исследователями в случае использования в качестве топлива необработанных растительных масел, обладающих, кроме тяжелого фракционного состава, еще и очень высокой вязкостью. При обсуждении вопроса нагаро- и лакообразования при работе на метиловых эфирах растительных масел мнения исследователей расходятся.

Так, при исследовании биотоплива, полученного из сурепного масла, на четырехтактном одноцилиндровом дизеле Komatsu 10-105 размерности S/D = 125/105, выполненным с жидкостным охлаждением и неразделенной камерой сгорания, нагарообразование не обнаружено [1].

Экспериментальное исследование работы двух дизельных двигателей на товарном нефтяном дизельном топливе и смеси 80 % нефтяного и 20 % метиловых эфиров льняного масла (32 цикла продолжительностью по 16 ч каждый) показало, что изнашивание подвижных деталей, коксование распылителей, образование нагара и другие дефекты снизились при работе на топливной смеси [2].

После 100 ч испытаний метилового эфира рапсового масла отмечено увеличение вязкости моторного масла и жидкоконсистентного шламообразования, что является следствием попадания биотоплива в моторное масло. Результаты дорожных испытаний продолжительностью 1600 ч на грузовом автомобиле показали, что повышенного износа деталей цилиндропоршневой группы и нагароотложений при работе на биотопливе не отмечено [3].

Испытания этиловых и метиловых эфиров соевого масла были проведены на четырехцилиндровом дизеле модели 4239TF фирмы John Deere (США) с неразделенной КС и турбонаддувом. Испытания показали, что при длительной работе на этом биотопливе происходит увеличение нагарообразования, ухудшение сгорания, разбавление топливами моторного масла, снижение его вязкости и уменьшение толщины масляной пленки [4].

Анализ фракционного состава и данных по испытанию биотоплива позволяет сделать вывод о том, что биотоплива могут быть применены в качестве топлива для дизелей, но проблемы уменьшения отложений, шламообразования и т.д. при их использовании требуют решения.

Проведенные исследования показали, что наблюдаемое снижение температуры в конце перегонки является следствием термического разложения компонентов биотоплива.

На рис. 2–5 представлены ИК-спектры биотоплива и фракций его перегонки. Исследование проводили с использованием ИК-Фурье спектрометра «Infracum FT-801», ТУ 4434-151-20506233-98, однолучевого, светоделитель – селенид цинка с металлическим напылением, источник излучения – высокотемпературная нихромовая спираль, покрытая спецкерамикой (с резистивным подогревом), синхронизация с помощью гелий-неонового лазера, точность по волновому числу $\pm 0,005 \text{ см}^{-1}$. Количество сканов – 16, разрешение – 4 см^{-1} .

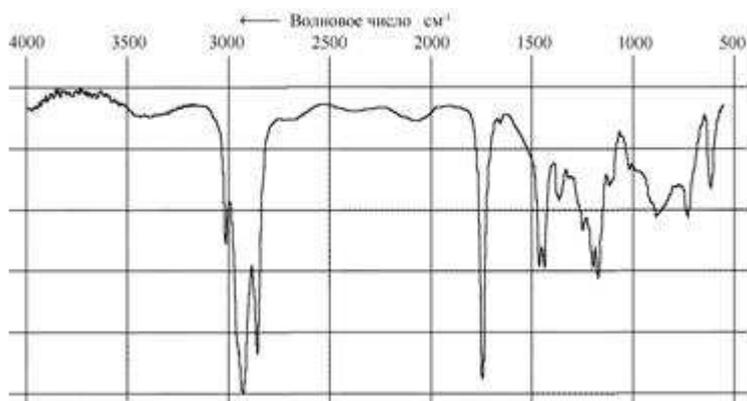


Рис. 2. ИК-спектр биотоплива

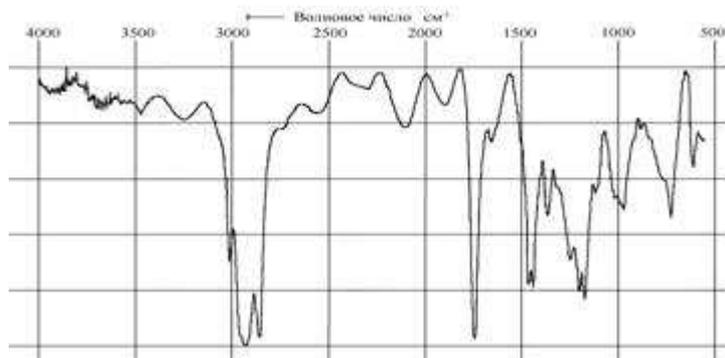


Рис. 3. ИК-спектр фракции 280–320 $^{\circ}\text{C}$

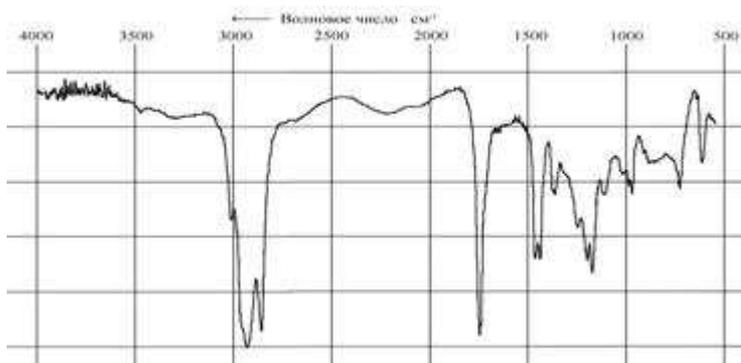


Рис. 4. ИК-спектр фракции 320–335°C

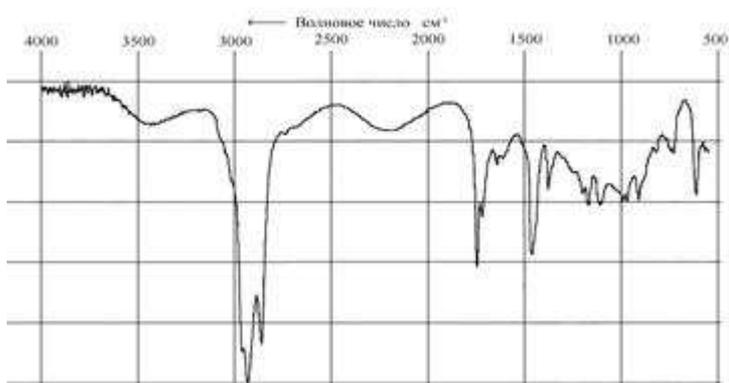


Рис. 5. ИК-спектр фракции 335–280°C

Анализ результатов экспериментальных исследований

При переходе от спектров биотоплива к спектрам фракций перегонки наблюдаются некоторые изменения в структуре спектров.

Для сложных эфиров характерны полосы валентных колебаний карбонильной группы (связи C=O). К ним следует отнести сильную полосу при 1744 см^{-1} . Для эфиров высших карбоновых кислот характерны также валентные колебания связи C–O в области $1200\text{--}1170\text{ см}^{-1}$. Этим колебаниям в спектре биотоплива соответствует полоса 1173 см^{-1} .

Наличие в эфирах группы OCH_3 , симметричные валентные колебания которой располагаются в области $2850\text{--}2815\text{ см}^{-1}$, подтверждает полоса при 2855 см^{-1} .

Для карбоновых кислот колебания карбонильной группы находятся в интервале $1725\text{--}1700\text{ см}^{-1}$ (димеры кислот) или при 1760 см^{-1} (мономеры кислот). Кроме того, для кислот характерны колебания свободной или связанной гидроксильной группы, лежащие в области $3550\text{--}3500\text{ см}^{-1}$ (свободная группа), $3300\text{--}2500\text{ см}^{-1}$ (связанная гидроксигруппа), $955\text{--}890\text{ см}^{-1}$ (любая гидроксигруппа). Поскольку характеристические полосы карбонильной группы отсутствуют, можно с уверенностью отрицать наличие в биотопливе свободных карбоновых кислот.

Полосы колебаний 2924 , 2855 и 1462 см^{-1} следует отнести к асимметричным, симметричным и ножничным валентным колебаниям метиленовых групп; к маятниковым колебаниям нескольких связанных групп CH_2 -относится, вероятно, и полоса при 1196 см^{-1} у биотоплива и 1165 см^{-1} у масел.

Присутствие очень слабых полос при 3676 и 3464 см^{-1} может означать наличие в биотопливе небольших количеств моно- и диглицеридов (свободные гидроксильные группы в виде мономеров и димеров). Широкая полоса в области $3400\text{--}3200\text{ см}^{-1}$, характерная для полиассоциированных гидроксильных групп, в спектре отсутствует, что позволяет исключить присутствие в компонентах биотоплива молекул свободного глицерина.

В состав триглицеридов входят остатки высших непредельных карбоновых кислот. Известно [5], что в природных маслах непредельные фрагменты молекул находятся в цис-конфигурации. Вероятно, в спектре рапсового масла колебания при 3009 см^{-1} относятся к валентным колебаниям связи C–H, а в области 721 см^{-1} – к неплоским деформационным колебаниям той же связи непредельного соединения в цис-конфигурации.

Однако есть данные о том, что каталитическое гидрирование жиров сопровождается сдвигом и цис-транс-изомеризацией двойных связей в жирнокислотных фрагментах молекулы, что, наряду с насыщением двойных связей, приводит к увеличению твердости и температуры плавления жира [6]. Для контроля и регулирования процесса гидрирования, а также для характеристики качества готового саломаса определение содержания транс-изомеров в жирах проводят, измеряя интенсивность полосы поглощения в области $980\text{--}960\text{ см}^{-1}$. Поглощение в этой области обуславливает неплоские деформационные колебания связи C–H в транс-изомерах непредельных соединений. В спектре эти колебания характеризуются сильной, интенсивной полосой поглощения.

Наличие в спектре биотоплива полос при 725 , 1417 и 3009 см^{-1} позволяет судить о наличии непредельных соединений (двойные связи типа $\text{CHR}=\text{CHR}'$) преимущественно в цис-конфигурации. Какие-либо полосы поглощения в области $980\text{--}960\text{ см}^{-1}$, характерные для транс-изомеров алкенов, отсутствуют. Следовательно, в процессе биоконверсии цис-транс-изомеризация двойных связей в молекулах эфиров не происходит.

В спектре фракции, выкипающей в интервале $280\text{--}320\text{ }^\circ\text{C}$ (15 % (об.)) появляются: полоса при 1719 см^{-1} , соответствующая колебаниям карбонильной группы димеров карбоновых кислот, широкие полосы в области 3300 и 3500 см^{-1} , соответствующие колебаниям связанных гидроксильных групп карбоновых кислот и неидентифицированные нами полосы в области 1897 и 2102 см^{-1} . Полоса при 970 см^{-1} может соответствовать неплоским деформационным колебаниям $\text{H}-\text{C}=\text{C}-\text{H}$ в транс-конфигурации. Таким образом, можно предположить, что происходит образование карбоновых кислот и цис-транс-изомеризация углеводородного скелета молекулы.

В спектре фракции, выкипающей в интервале $320\text{--}335\text{ }^\circ\text{C}$ (70 % (об.)) дополнительно появляется полоса при 849 см^{-1} , наблюдается сглаживание полос в области $2000\text{--}2700\text{ см}^{-1}$.

В спектре фракции, выкипающей в интервале $335\text{--}280\text{ }^\circ\text{C}$ (96 % (об.)) сохраняются полосы, отвечающие колебаниям карбоксильной группы; кроме того, возникают полосы поглощения при 1610 и 1642 см^{-1} , что может свидетельствовать о появлении в биотопливе соединений с сопряженными кратными связями.

С помощью метода газовой хроматографии был установлен состав биотоплива, полученного из рапсового масла (табл. 1). Анализ проводился в соответствии с EN 14103; для определения количественного соотношения компонентов был применен метод внутренней нормализации. Условия анализа: газовый хроматограф «Кристаллюкс-4000М», аналитический лабораторный, предназначен для анализа жидких и газовых проб с температурой кипения до 400° С; колонка кварцевая капиллярная ZB-5 (длина – 30 м, диаметр – 0,32 мм); газ-носитель – гелий марки А по ТУ 51-940; детектор – пламенно-ионизационный (ПИД), уровень шумов $2 \cdot 10^{-14}$ А; температура детектора 290 °С; температура испарителя 270 °С; температурная программа анализа: 50 °С (1 мин), 18 °С/мин до 180 °С, 10 °С/мин до 285 °С, время анализа 45 мин; объем пробы – 1 мкл. Для обработки результатов хроматографического анализа использовалось программное обеспечение «Хроматэк-Аналитик».

В исследуемом биотопливе содержатся, в основном, метиловые эфиры олеиновой и линолевой кислот. При анализе фракций перегонки биотоплива наблюдалось уменьшение концентраций метиловых эфиров высших кислот (в первую очередь, непредельных) и появление на хроматограмме новых пиков с меньшим временем удерживания.

Исходя из полученных хроматографических и спектральных результатов, можно предположить пути термических превращений молекул компонентов биотоплива (рис. 6).

Компоненты биотоплива относятся к тому же классу органических соединений (сложные эфиры), что и липиды растительных масел, из которых они были получены. Известно [7], что липиды окисляются по радикальному механизму, тот же механизм можно предположить и для эфиров биотоплива.

Таблица 1

Результаты определения жирнокислотного состава биотоплива

Метиловый эфир кислоты	Содержание в масле, %
Миристиновой (тетрадекановой) $C_{14}H_{28}O_2$	0,06
Пальмитиновой (гексадекановой) $C_{16}H_{32}O_2$	4,77
Пальмитолеиновой (гексадеценевой) $C_{16}H_{30}O_2$	0,29
Маргариновой (гептадекановой) $C_{17}H_{34}O_2$	0,10
Стеариновой (октадекановой) $C_{18}H_{36}O_2$	1,90
Олеиновой (октадеценевой) $C_{18}H_{34}O_2$	59,53
Линолевой (октадекадиеновой) $C_{18}H_{32}O_2$	21,36
Линоленовой (октадекатриеновой) $C_{18}H_{30}O_2$	9,27
Арахидиновой (эйкозановой) $C_{20}H_{40}O_2$	0,97
Гадолеиновой (эйкозеновой) $C_{20}H_{38}O_2$	1,35
Эруковой (докозеновой) $C_{22}H_{42}O_2$	0,15
Лигноцерииновой (тетракозановой) $C_{24}H_{48}O_2$	0,13
Нервоиновой (тетракозеновой) $C_{24}H_{46}O_2$	0,12

Радикальная частица атакует метиленовую группу эфира, находящуюся в α -положении к двойной связи, при этом образуется новый радикал аллильного типа, стабилизированный за счет участия π -электронов двойной связи (рис. 6).

Образовавшийся радикал имеет мезомерное строение и может далее подвергаться превращениям по двум направлениям (рис. 6, пути *a* и *b*), приводящим к промежуточным гидропероксидам. Гидропероксиды весьма нестабильны, при комнатной температуре распадаются с образованием альдегидов, которые далее окисляются в кислоты – конечные продукты реакции. В результате получаются моно- и дикарбоновые кислоты с более короткими углеродными цепями.

В метиловых эфирах высших карбоновых кислот присутствует несколько метиленовых групп в α -положении к двойной связи (например, в олеиновой кислоте это 8-й и 11-й атомы углерода кислоты). Из приведенной схемы видно, что при окислении метилового эфира олеиновой кислоты по 11-му атому углерода может образоваться октановая и нонановая кислота, а также монометиловые эфиры декандиовой и нонандиовой кислот.

В случае атаки радикальных частиц по 8-му атому углерода получим нонановую и декановую кислоты, а также монометиловые эфиры нонандиовой и октандиовой кислот.

В случае линолевой кислоты количество атакуемых атомов увеличивается (это 8-й, 11-й и 14-й атомы). В результате окисления могут образовываться кислоты с еще меньшей молекулярной массой. Наиболее вероятна атака радикальной частицы по 11-му атому углерода, т.к. он находится в α -положении к двум двойным связям. В присутствии кислорода в результате окисления могут образоваться: 2-октенная, нонановая и гексановая кислоты, а также монометиловые эфиры декандиовой, нонандиовой, 3-додецендиовой кислоты. Но образующиеся непредельные кислоты и эфиры, в свою очередь, также могут подвергаться атаке радикальных частиц. При этом окисление 2-октенной кислоты даст пентановую, гексановую, малоновую (пропандиовую) и щавелевую (бутандиовую) кислоты, а окисление метилового эфира 3-додецендиовой кислоты даст щавелевую, малоновую и бутандиовую кислоты и монометиловые эфиры декандиовой, нонандиовой и октандиовой кислот.

При атаке линолевой кислоты по 8-му атому углерода могут получиться 3-ноненая кислота и монометиловый эфир нонандиовой кислоты. При дальнейшем окислении 3-ноненной кислоты по 5-му атому углерода могут образоваться пентановая, гексановая, малоновая и щавелевая кислоты.

Однако для 3-ноненной кислоты не исключено еще одно направление атаки – 2-й атом углерода, находящийся в α -положении как к двойной связи, так и к карбоксильной группе. При этом образуется, кроме малоновой, щавелевой и гексановой кислот, еще и гептановая.

При атаке линолевой кислоты по 14-му атому углерода получим гептановую и гексановую кислоты и монометиловые эфиры 4-тридецендиовой и 3-додецендиовой кислот. При дальнейшем окислении 4-тридецендиовой кислоты по 3-му атому углерода могут получиться бутандиовая и малоновая кислоты и монометиловые эфиры нонандиовой и декандиовой кислот. При окислении 4-тридецендиовой кислоты по 6-му атому углерода могут получиться бутандиовая и пентандиовая кислоты и монометиловые эфиры нонандиовой и октандиовой кислот.

Предполагаемая схема окисления показывает, что при окислении олеиновой и линолевой кислот теоретически могут образовываться предельные и непредельные моно- и дикарбоновые кислоты и их метиловые эфиры, содержащие от 2 до 13 атомов углерода. При декарбосилировании кислот возникают алкены и диены с меньшим числом атомов в молекуле. Хроматографический анализ и фракционный состав биотоплива подтверждают образование при перегонке гексановой (капроновой), октановой (каприловой), нонановой (пеларгоновой), декановой (каприновой) кислоты и монометиловых эфиров декандиовой (себаценовой), нонандиовой (азелаиновой) и октандиовой (пробковой) кислот, окта- и нонадиенов.

Поскольку термическое разложение компонентов биотоплива возможно в процессе перегонки, можно предположить, что оно происходит и при работе дизельного двигателя.

Заключение

Проведенный анализ фракционного состава биотоплив, полученных из растительного сырья показывает как преимущества, так и недостатки по сравнению с товарным нефтяным дизельным топливом.

К достоинствам следует отнести высокую температуру вспышки биотоплива и снижение его пожароопасности при хранении и транспортировке, что является следствием наличия тяжелых фракций в составе биотоплив.

Одновременно отсутствие достаточного количества легких фракций приводит к затруднению пуска дизельного двигателя, склонности к нагарообразованию и термической окислительной деструкции эфиров с образованием карбоновых кислот. Это повышает коррозионную агрессивность топлив.

Следовательно, требуется оптимизация состава биодизельного топлива, получаемого биоконверсией из возобновляемого сырья.

Список литературы

1. Murayama, T. Low Carbon Flower Buildup, Low Smoke, and Efficient Diesel Operation with Vegetable Oils by Conversion to Mono-Esters and Blending with Diesel Oil or Alcohols / T. Murayama, Y. Oh, N. Miyamoto, T. Chikahisa, N. Takagi, K. Itow // SAE Technical Paper Series. – 1984. – №841161. – P.1–11.

2. Agarwal, A.K. Effect of Biodiesel Utilization of Wear of Vital Parts in Compression Ignition Engine / A.K. Agarwal, J. Bijwe, L.M. Das // Transactions of the ASME. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. – 2003. – Vol. 125. – № 2. – P. 604–611.

3. Walter, H. Rapsolfettsauremethylester als Kraftstoff fur Nutzfanzug-Dieselmotoren / H. Walter, A. Schafer // ATZ. – 1990. – № 4. – S. 168–173.

4. Clark, S.J., Methyl and Ethyl Soybean Esters as Renewable Fuels for Diesel Engines / S.J. Clark, L. Wagner, M.D. Schrock, P.G. Piennaar // J. Am. Oil Chem. Soc. – 1984. – Vol. 61. – №10. – P. 1632–1638.

5. Стопский, Н.А. Химия жиров и продуктов переработки жирового сырья : учеб. / Н.А. Стопский. – М. : Колос, 1992. – 285 с.

6. Тютюнников, Б.Н. Химия жиров : учеб. / Б.Н. Тютюнников. – М. : Пищевая промышленность, 1965. – 632 с.

7. Тюкавкина, Н.А. Биоорганическая химия : учеб. / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков. – М. : Дрофа, 2006. – 542 с.

Research into Fraction Composition of Bio Fuel Produced by Bioconversion of Renewable Vegetable Feed

**S.I. Dvoretzky, S.A. Nagornov, S.V. Romantsova,
I.A. Ryazantseva, V.P. Tarov**

Tambov State Technical University, Tambov;

All-Russian Research and Engineering Institute of Machinery and Oil Products Use, Tambov

Key words and phrases: bio fuel; IR spectrum; evaporability; vegetable feed; fraction composition.

Abstract: The fraction composition of bio fuel produced from vegetable oil is studied by techniques of distillation, IR spectroscopy and gas-phase chromatography.

It is shown that bio fuel possesses heavier fraction composition than oil diesel fuel; it leads to increase in its flash point and as a result to reduction in fire risk in storage and transportation compared to oil diesel fuel.

It is found out, that in the course of distillation bio fuel exposes to thermal decomposition thus producing carboxylic acids and unsaturated compounds with smaller molecular weight; it can possibly cause increase in corrosive aggression of bio-fuel.